Optika

Základní vlastnosti světla

Optika - nauka o světle; Světlo je elmg. vlnění, které vyvolává vjem v našem oku.

Vývoj názorů na podstatu světa

1) Huygensova vlnová teorie (r. 1678)
   Světlo je podélné vlnění velmi řídké látky, tzv. světelného éteru.

2) Newtonova korpuskulární teorie
   Podstata světla jsou částice (korpuskule), které se obrovskou rychlostí šíří od zdroje.

3) Současná teorie
   Světlo je elektromagnetické vlnění, mající vlnový i částicový charakter.

Základní pojmy:

Světelný zdroj: mění různé druhy energie (vnitřní, el., chem., jader.) na světelnou.

Optické prostředí: prostředí, ve kterém se světlo šíří
Druhy opt. prostředí:
a) průhledné - propouští světlo bez podstatného zeslabení, přes toto prostředí vidíme předměty
b) neprůhledné - nepropouští světlo – rozptyluje ho nebo odráží
c) průsvitné - propouští světlo a současně ho rozptyluje

stejnorodé (izotropní) prostředí - takové, které má všude stejné opt. vlastnosti – světlo se v něm šíří přímočaře

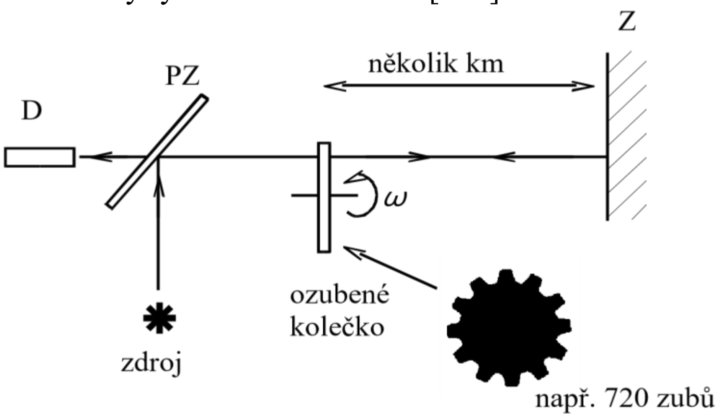
Vlnoplocha, světelný paprsek:
Světlo se šíří v kulových vlnoplochách podle Huygensova principu.
Přímka kolmá na vlnoplochu udává směr, kterým se světlo šíří, a nazývá se světelný paprsek.

Monochromatické světlo (světlo určité λ)
bílé sv. = č o ž z m f
760 nm – 400 nm

Rychlost světla

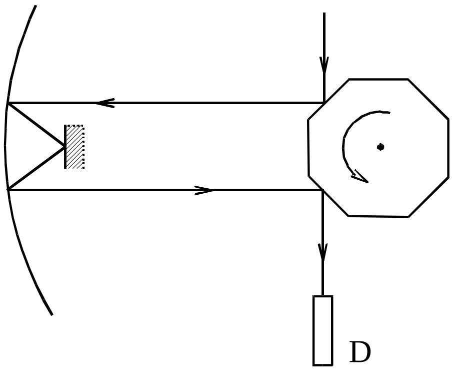
Galilei vymyslel jak určit rychlost světla (neproveditelný pokus): Dva muži se svítilnou v určité vzd. od sebe, *A* odstíní, *B* odstíní po obdržení signálu a měří se čas.

- r. 1675 dánský astronom Eric Röhmer, ze zákrytu Jupiterova měsíce
- r. 1849 francouzský fyzik Armand Fizeau [fizó]



Za polopropustným zrcadlem *PZ* je ozubené kolečko, které se otáčí. Jakmile světlo projde otvorem mezi zuby kolečka, postupuje k zrcadlu *Z*, odkud se po odrazu vrací zpět. Když na zpáteční cestě světlo projde týmž otvorem nebo dalším, vidí pozorovatel v dalekohledu *D* světelný zdroj. Když světlo dopadne na zub, nevidí nic. Při jisté úhlové frekvenci otáčení kolečka pak lze určit velikost rychlosti světla.

20. století (přibl. 1907) Albert Abraham Michelson [majklzon]
metod
a rotujících zrcátek↓



Metoda rotujících zrcátek pracuje na podobném principu jako Fizeauova metoda.

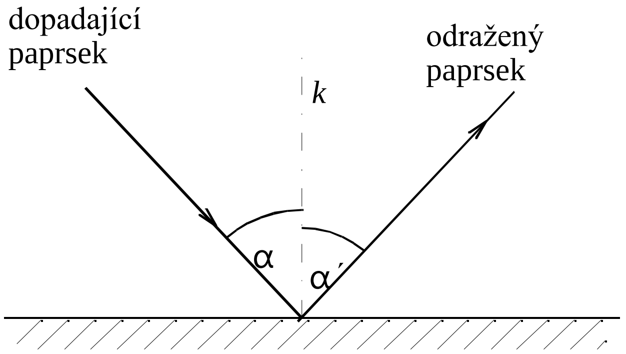
Rychlost světla ve vakuu (a s dostatečnou přesností
$c = 299\,792\,458 \text{ m s}^{-1}$
$c \doteq 3 \cdot 10^8 \text{m s}^{-1} = 300\,000 \text{ km s}^{-1}$

Ve vakuu nezávisí *c* na vlnové délce. V každém jiném prostředí je rychlost světla $v < c$ a zároveň závisí na vlnové délce světla.

Odraz a lom světla

Při dopadu světla na rozhraní dvou opt. prostředí může nastat odraz a lom a část světla se pohlcuje prostředími.

<u>Odraz</u>: Světlo se po odrazu od rozhraní vrací do původního prostředí.



k – kolmice dopadu

α – úhel dopadu

α´ – úhel odrazu

<u>Platí</u>: 1) Úhel odrazu se rovná úhlu dopadu .

$\alpha' = \alpha$ [Zákon odrazu]

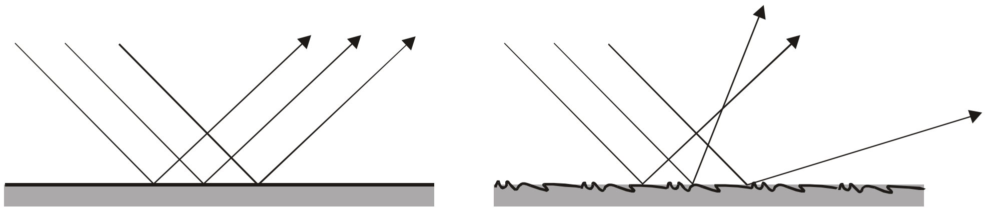
2) Odražený paprsek zůstává v rovině dopadu (ta je dána dopadajícím paprskem a kolmicí dopadu).

3) Úhel odrazu nezávisí na λ dopadajícího světla.

Odraz od nedokonale odrazného povrchu

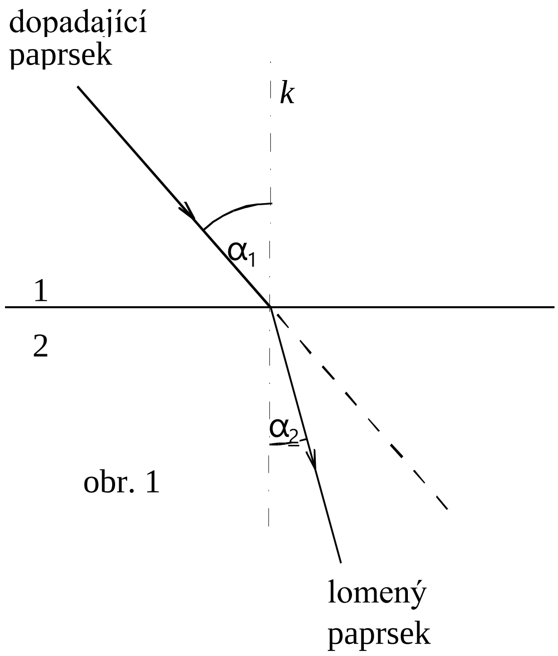
V reálném světě je třeba počítat s tím, že odraz světla od zrcadlových ploch je komplikován dvěma příčinami:

a) zrcadlová plocha není dokonale rovná, dochází k rozptylu
b) ne všechno světlo je odraženo (část je propuštěna a absorbována materiálem zrcadla).

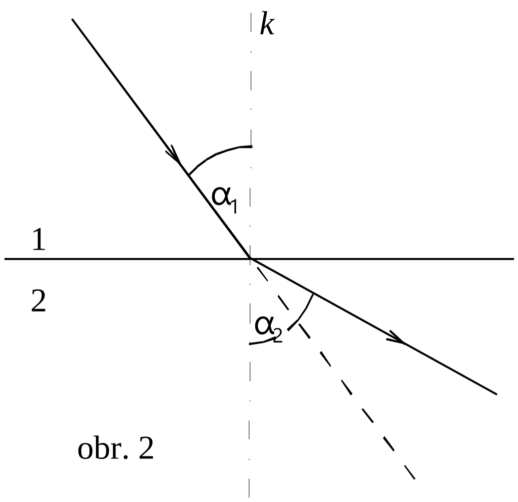


zrcadlový odraz (hladký povrch) difúzní odraz (drsný povrch)

Lom: Světlo po dopadu na rozhraní dvou prostředí proniká do druhého prostředí.



obr. 1



obr. 2

Lom světla ke kolmici (obr. 1) nastává tehdy, jestliže se světlo šíří z prostředí opticky řidšího do prostředí opticky hustšího. $v_1 > v_2$

Lom světla od kolmice (obr. 2) nastává tehdy, jestliže se světlo šíří z prostředí opticky hustšího do prostředí opticky řidšího (např. ze skla do vzduchu). $v_1 < v_2$

Platí:

1) Zákon lomu = Snellův zákon lomu - Willebrord Snell (1591-1626):

$$\frac{sin\alpha_1}{sin\alpha_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

Poměr sinů úhlu dopadu a úhlu lomu je roven poměru rychlostí světla v prvním a druhém prostředí.

2) Lomený paprsek zůstává v rovině dopadu.
3) Úhel lomu závisí na vlnové délce světla.

Index lomu

Absolutní index lomu je podíl rychlosti světla ve vakuu k rychlosti světla v daném prostředí.

$n = \frac{c}{v}$ bezrozměrná veličina (uveden v MFCHT); čím větší *n*, tím menší *v* (tím opticky hustší prostředí)

Charakterizuje optické prostředí, udává, kolikrát je větší rychlost světla ve vakuu než v daném prostředí, závisí na λ, tzn. na *f* (barvě, energii)

látka	index lomu n	rychlost světla v látce v
absolutní vakuum	1	v = c
vzduch	1,0003	v = 0,9997c
voda	1,33	v = 0,75c
sklo	1,4 < n < 1,8	0,56 c < v < 0,71 c
diamant	2,4	v = 0,42c
křemík	3,5	v = 0,29c

$$\frac{sin\alpha_1}{sin\alpha_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1}$$

Snellův zákon lze tedy napsat v alternativní podobě

$$\frac{sin\alpha_1}{sin\alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Úplný odraz světla

Může nastat při lomu paprsku dopadajícího z prostředí opticky hustšího do prostředí opticky řidšího (např. ze skla do vzduchu).

Pro jistý úhel - α_m (mezní úhel) je úhel lomu $\alpha_2 = 90°$.

Pro $\alpha > \alpha_m$ se světlo neláme do řidšího prostředí, ale úplně se odráží do původního prostředí.

Nastane úplný (totální) odraz světla

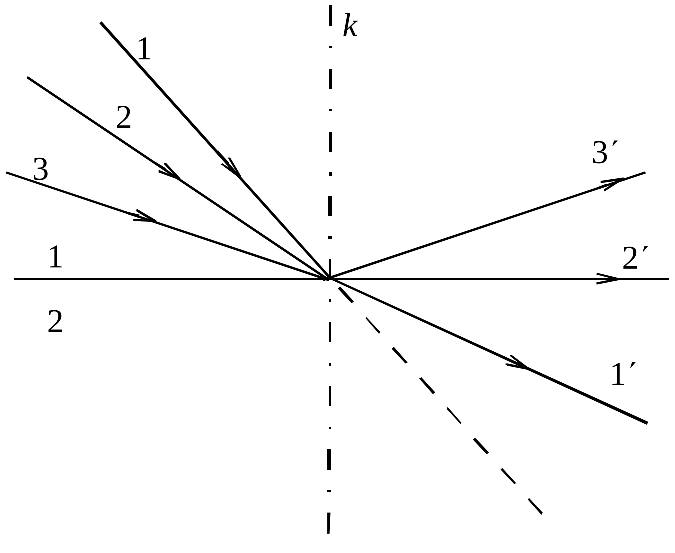
(lesk bublin v kapalině, ve skle, „mokrý" asfalt v dálce v letních dnech, lesk briliantů).

Ze Snellova zákona: $\frac{sin\alpha_m}{\sin 90°} = \frac{n_2}{n_1}$

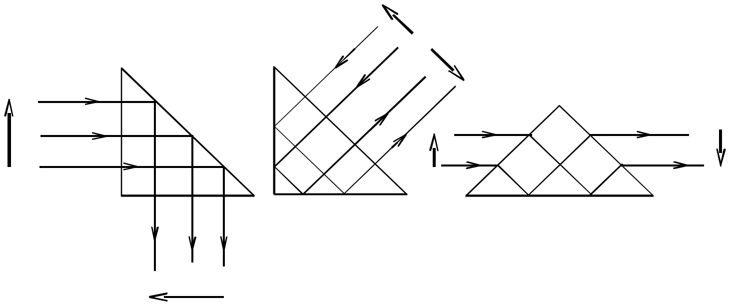
Vztah pro mezní úhel na rozhraní daného prostředí a vzduchu (vakua):

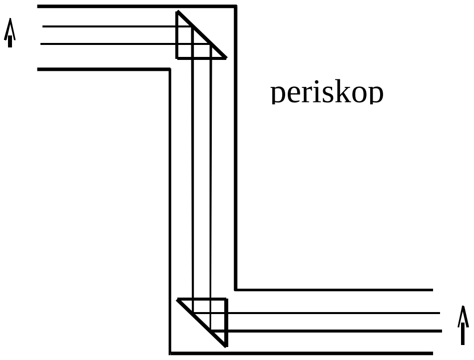
$$sin\alpha_m = \frac{1}{n_1}$$

Obr. K úplnému odrazu:



Užití totálního odrazu: V odrazných hranolech místo zrcadel v mnoha opt. přístrojích – např. skleněný trojboký hranol (v periskopu):

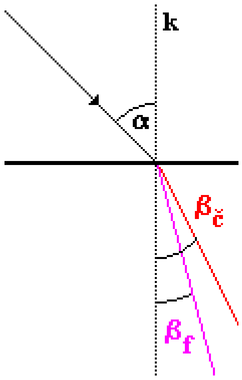




Dále se užívá totálního odrazu ve světlovodných vláknech (optických kabelech).

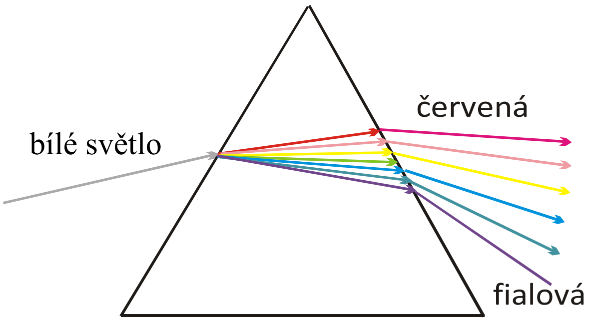
Rozklad světla hranolem (disperze světla)

Dopadá-li na optické rozhraní dvou prostředí bílé světlo, lomené **světlo** již není bílé, ale jeho okraje jsou zbarvené (jeden červeně, druhý fialově) Na obrázku níže je zobrazen přechod z prostředí **opticky řidšího** do prostředí **opticky hustšího**). Bílé světlo se tedy při lomu rozkládá na barevné složky. Tento jev se nazývá **disperze** a je důsledkem závislosti **velikosti rychlosti světla** na jeho **frekvenci** (resp. na vlnové délce).



Obr. 3

Obr. 4



Využití rozkladu světla:

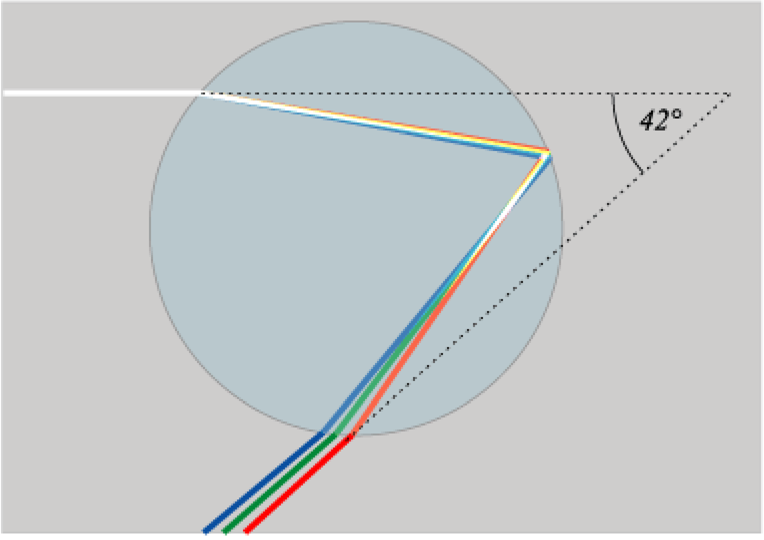
při konstrukci hranolového spektroskopu

- přístroj na studium složení světla
- základní přístroj používaný ve **spektrální analýze**

spektroskop

Duha

Za deště nebo mlhy prochází světlo každou jednotlivou kapkou. Protože má voda větší index lomu než vzduch, světlo se v ní láme. Index lomu je různý pro různé vlnové délky světla a povrch kapky má tvar koule. Světlo se tedy na okrajích dešťových kapek rozkládá na jednotlivé barevné složky, které se odrážejí na vnitřní stěně a opouštějí pod různými úhly kapku. Kapky, které jsou ve stejné úhlové vzdálenosti od zdroje světla (Slunce či Měsíce), se pak jeví, jako by měly stejnou barvu. Proto má duha tvar kruhu, případně jeho části. Velikost oblouku závisí na výšce slunce nad obzorem a výšce pozorovatele – pokud je slunce právě na horizontu, duha bude tvořit půlkruh; pokud je pozorovatel např. v balónu, může někdy spatřit duhu i jako celý uzavřený kruh. Duha je tím zřetelnější, čím větší jsou dešťové kapky. Úhlový poloměr duhy je přibližně 40°–42° a fialové zbarvení je uvnitř kruhu, červené vně.



V dešťové kapce může dojít nejen k jednomu, ale k více odrazům světelného paprsku.
Při dvou vnitřních odrazech lze pozorovat druhou, tzv. sekundární duhu neboli vedlejší duhu. Hovoří se také o dvojité duze. Sekundární duha se objevuje nad první duhou (která se pak označuje jako primární nebo hlavní), tzn. má větší úhlový poloměr než primární duha (asi 50°–54°), a posloupnost barev v sekundární duze je opačná než v duze primární. Sekundární duha bývá také obvykle výrazně slabší než primární duha.
Za vhodných podmínek lze pozorovat také třetí, tzv. terciární duhu. Hovoří se pak o trojité duze. Terciární duha má větší úhlový poloměr než sekundární duha. Terciární duha bývá ještě méně výrazná než sekundární duha. Vyskytuje se v úhlové vzdálenosti přibližně 39°–43° kolem Slunce, takže i při vhodných podmínkách je značně odcloněna slunečním svitem.